

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ

УДК 678.742.2-405.8

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ІННОВАЦІЙНИХ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРІВ
MODELING OF INNOVATIVE ENERGY TECHNOLOGIES
UTILIZATION OF POLYMERS****Бухкало С.І. канд. техн. наук, професор****Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків
Bukhhalo S.I.****National Technical University «KhPI», Kharkov, Ukraine**

Анотація: Розглянуто деякі особливості використання ТПВ на комплексному підприємстві, яке може забезпечувати всі свої енергетичні потреби самостійно. Дослідження спрямовані на вивчення таких питань, як розробка моделей утилізації-модифікації полімерної частини ТПВ або тари та пакування. При цьому враховувалися фактори вибору науково-обґрунтованих методів переробки та утилізації полімерів; розробку необхідних технологічних схем і устаткування для переробки полімерних відходів; вибір підприємств для реалізації утилізації полімерів і виду енергетичних ресурсів для реалізації цих проектних рішень.

Abstract: Some features of the possibilities of solving evidence-based problems of improving the use of wastes of different industries on a complex enterprise that can provide all its energy needs alone. The problem of wastes utilization and recycling is present as complex research and analysis of energy- and resource saving processes for treatment of polymer wastes of various origin. The research focused on the study of issues such as the development of models of waste-modifying polymer. The investigation are focused in researching such problems as selection of scientific based methods of wastes to be utilized or recycled; the development of appropriated process flow sheets and choice of modifications additives and equipment for polymers waste recycling. The choice of appropriate plants with selected energy resources is very important for projects realization.

Ключевые слова: интегрированные энерго- и ресурсосберегающие технологии, объект научно-обоснованной технологии, модели вспенивания.

Keywords: integrated energy technologies, evidence-based methods, wastes conversion and recycling.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Створення інноваційних комплексних підприємств з утилізації твердих побутових відходів (ТБВ) різного походження та використання фактично повністю відходів і викидів всіх складових власного виробничого комплексу або інших підприємств, є основною метою проведених нами робіт. Для експериментальних досліджень на інноваційних об'єктах необхідно вирішити три основні завдання з моделювання процесів утилізації ТБВ, а саме як: 1) проводити експеримент, щоб кількість дослідів була мінімальною, а результати досить повно характеризували досліджуваний процес; 2) оцінити точність і достовірність отриманих експериментальних даних; 3) на основі отриманих результатів побудувати робочу математичну модель досліджуваного явища. Об'єкт дослідження ХТС – деякі моделі інноваційних енерготехнологій – комплексна переробка-утилізація полімерної частки полімерної тари та пакування або полімерної частки твердих побутових відходів. Такі процеси можна визначити за схемою технологічної структури стадій виробництва і заданих параметрів [1–8]: ПІДГОТОВЧІ → ОСНОВНІ → ЗАКЛЮЧНІ.

Вироби із спінених вторинних полімерів знаходять все більш широке застосування майже у всіх галузях промисловості, будівництва й побуту, легкій, харчовій та інших галузях промисловості, а також у сільському господарстві [1–5]: наприклад, спінені полімерні матеріали широко застосовують як різновиди теплоізоляції, елементи амортизаторів і фільтрів для розділення та очистки газів і рідин, плавучих засобів, декоративного облицювання, тари й пакування. Широке впровадження отримали спінені матеріали в будівництві, а також у капітальному ремонті та реконструкції житлових споруд. Сумарний ефект економії теплоти в таких спорудах досягає 50 %, що дозволяє швидко окупити витрати, спрямовані на застосування енергоефективних технологій. Разом з використанням теплоізоляції для зниження втрат енерготеплових систем їх застосування також потрібне для обмеження негативного теплового впливу на навколишнє середовище.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Формулювання цілей статті. З метою вдосконалення технології утилізації полімерних поліетиленових відходів як частини ТПВ досліджувалася можливість отримання спіненого вторинного поліетилену (ВВПЕ). створення нової ефективної науково-обґрунтованої, маловідходної або безвідходної технології утилізації, котра дозволяє одержувати цільові продукти для хімічної промисловості та енергоносії, а з системи мають виводитися тільки продукти, що складають біосферу. Створення таких технологій дозволяє вирішувати два взаємозалежні завдання: 1) екологічна безпека утилізації частини ТПВ з урахуванням ресурсо- і енергозбереження, і 2) економічна доцільність, з урахуванням соціальної ефективності, що дозволяє інтенсивно розвивати галузі промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтування отриманих наукових результатів. Для підвищення якості виробів з ВВПЕ необхідно отримати і досліджувати математичні моделі впливу чинників: 1) зміни властивостей в процесі експлуатації поліетиленової плівки і 2) технологічних параметрів процесу спінювання для різновидів асортименту галузей використання виробів. При розробці процесу спінювання вторинного поліетилену, отриманого на основі об'єкта дослідження – поліетиленової плівки (табл. 1), тривалої експлуатації, використовували методи повного факторного експерименту (ПФЕ).

Таблиця 1. ПФЕ для функцій відклику

№	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	Y
1	+	+	+	+	+	+	+	+	0,57
2	+	-	+	+	-	-	+	-	1,20
3	+	+	-	+	-	+	-	-	0,65
4	+	-	-	+	+	-	-	+	1,81
5	+	+	+	-	+	-	-	-	0,64
6	+	-	+	-	-	+	-	+	1,63
7	+	+	-	-	-	-	+	+	4,79
8	+	-	-	-	+	+	+	-	4,76

Досліджували **руйнівне напруження при розриві ВВПЕ**, прийняте в якості вихідного параметра Y (%). Фактори (табл. 1) були параметри проведення процесу спінювання: X₁ – кількість комплексу для активації, %; X₂ – температура спінювання, оС; X₃ – час витримки при температурі спінювання, хв. Вихідні дані: X₁₀= 3; X₂₀=170; X₃₀= 15; ΔX₁= 1; ΔX₂= 10; ΔX₃= 5. Для першої функції відгук описує лінійна модель:

$$Y_1 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3, \quad (1)$$

Параметри лінійної моделі та їх довірчі інтервали представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Параметри лінійної моделі та їх довірчі інтервали

Параметр	Нижня границя	Значення	Верхня границя
b ₀	0,8196	2,0062	3,1929
b ₁	-1,5304	-0,3438	0,8429
b ₂	-2,1829	-0,9963	0,1904
b ₃	-2,1354	-0,9487	0,2379

З довірною ймовірністю 95% довірні інтервали для b₁, b₂, b₃ охоплюють нуль. Уточнена модель:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3, \quad (2)$$

має такі параметри та довірні інтервали (табл. 3):

Таблиця 1. Параметри уточненої моделі та довірні інтервали для них

параметр	нижня границя	значення	верхня границя
b ₀	-0,4556	2,0062	4,4681
b ₁	-2,8056	-0,3438	2,1181
b ₂	-3,4581	-0,963	1,4656
b ₃	-3,4106	-0,9487	1,5131
b ₄	-2,5231	-0,0612	2,4006
b ₅	-2,5656	-0,1038	2,3581
b ₆	-1,6381	0,8237	3,2856

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Долучення ще однієї, восьмої базисної функції $x_1x_2x_3$, перетворює задачу на інтерполяційну: функція відгуку Y буде точним аналітичним виразом:

$$Y = 2,0062 - 0,3438x_1 - 0,9963x_2 - 0,9487x_3 - 0,0612x_1x_2 - 0,1038x_1x_3 + 0,8237x_2x_3 + 0,1938x_1x_2x_3 \quad (2)$$

Довірних інтервалів тут немає.

На рисунках 1–3 показані двовимірні перерізи функції відгуку при сталому (мінімальному або максимальному) значенні однієї якоїсь змінної.

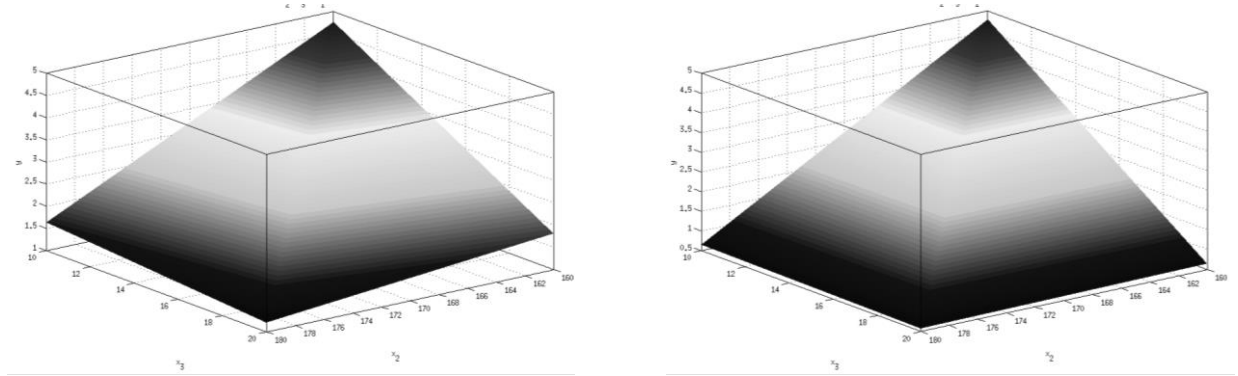


Рис. 1. Моделі впливу параметрів спінування X_1 для функції відклику Y .

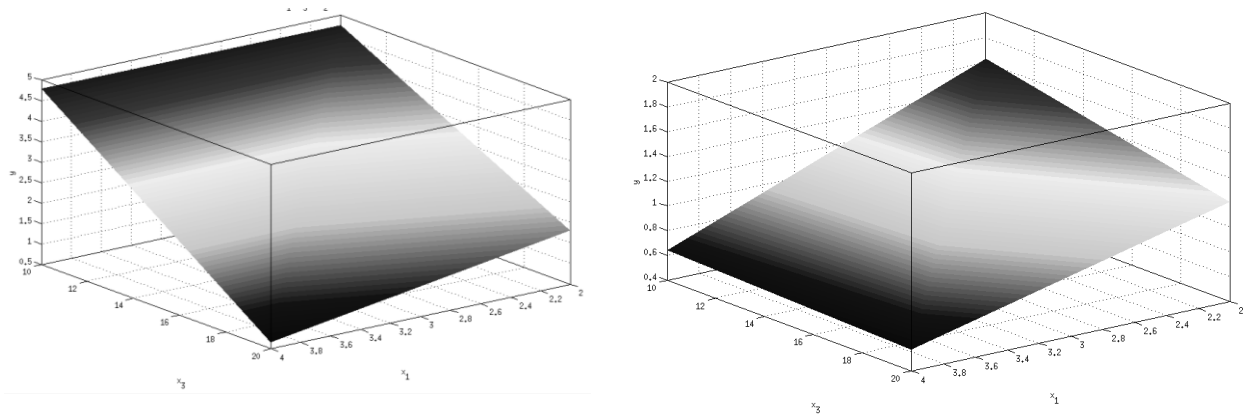
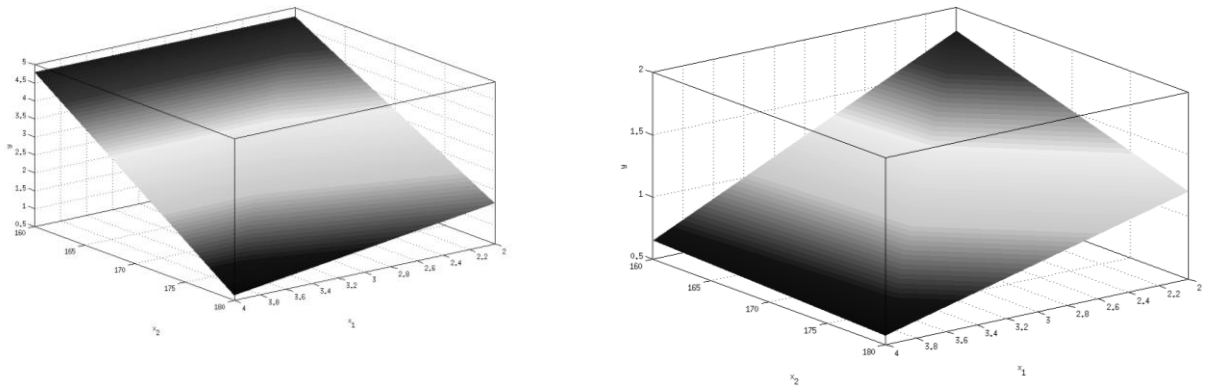


Рис. 2. Моделі впливу параметрів спінування X_2 для функції відклику Y .



МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Рис. 3. Моделі впливу параметрів спінування X_3 для функції відклику Y .

При цьому оптимальний набір параметрів переробки (спінювання) буде обумовлений координатами площин: $Y = f(X_2 X_3)$ (рис. 1), відповідно праворуч при $X_1 = 2$ і ліворуч – $X_1 = 4$; $Y = f(X_1 X_3)$ (рис. 2), відповідно праворуч при $X_2 = 160$ і ліворуч – $X_2 = 180$; де $Y = f(X_1 X_2)$ (рис. 3), відповідно праворуч при $X_3 = 10$ і ліворуч – $X_3 = 20$.

Висновки. На практиці комплексного виробництва з інноваційних енерготехнологій, перш за все, для реалізації представлених досліджень необхідно: 1) визначити принципи комплексного методу класифікації-ідентифікації ТПВ та відділення від неї полімерної частини; 2) при вирішенні питань управління екологічною безпекою утилізації ТПВ враховувати систему екологічного нормування і екологічної оцінки ризиків для здоров'я населення.

Таким чином, можна відмітити, що аналітичні дослідження у галузі утилізації ТБО пов'язані з моделюванням процесів кінцевих інноваційних енерготехнологій використання й утилізації-модифікації великотоннажних різновидів полімерних матеріалів як частини хіміко-технологічних систем (ХТС).

В даній роботі подовжена вперше запропонована нами [2–7, 9–14] науково-обґрунтована ідентифікація-класифікація, утилізація-модифікація та кінцева спрямована газифікація полімерної частки ТПВ у вигляді комплексу інноваційних проектів підприємства, спроможного самостійно виробляти енергоресурси. Розглянуто методологічні підходи до реалізації і управління такою комплексу. З огляду на актуальність проекту утилізації ТБО для України, слід продовжити розпочаті дослідження для більш конкретних умов виробництва, асортименту виробів та обладнання з метою розробки реального конкурентоспроможного інноваційного проекту.

Література:

1. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). Підручник з грифом МОН / ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., ОЛЬХОВСЬКА О.І. та ін. – К.: «Центр учбової літератури», 2016. – 468 с.
2. Бухкало С.І., Ольховська О.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. – X. :НТУ «ХП». № 7 (1116), с. 103–108.
3. Бухкало С.И. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки. Интегрированные технологии и энергосбережение. 2005. № 2, с. 29–33.
4. Бухкало С.И. Изменение свойств в процессе эксплуатации пленки и направления модификация вторичного полиэтилена: дис. канд. техн. наук: 25.01.88 / Бухкало Светлана Ивановна. – М., 1988. – 150 с.
5. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. Київ «Центр учбової літератури»: 2014, 456 с.
6. Бухкало С.И. Ресурсосберегающие технологии использования полимерных отходов / Интегрированные технологии та енергозбереження // – X.: НТУ «ХП». 2001. – № 2. – С. 106–112.
7. Бухкало С.И. Деякі властивості полімерних відходів у якості сировини для енерго- і ресурсозберігаючих процесів // Интегрированные технологии та енергозбереження. – X.: НТУ «ХП». 2014. – № 4. – с. 29–33.
8. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., КОШЕЛЕВА М.К., БУХКАЛО С.И. Общая химическая технология в примерах, задачах, лабораторных работах и тестах (уч. пособие) / Москва ИНФРА-М, 2015. С. 447.
9. Бухкало С.І. Моделі енергетичного міксу для утилізації полімерної частки ТПВ // Вісник НТУ «ХП». – X.: НТУ «ХП». 2016. – № 19 (1191). – с. 23–32.
10. Бухкало С.І., Іглін С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів / Интегрированные технологии та енергозбереження. – X.: НТУ «ХП». 2016. – № 3. – с.52–57.
11. Бухкало С.І. Інноваційні технології використання відходів. 4-й міжн. конгрес Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування, 21–23 вересня 2016 р., Львів. 2016, – с. 111.
12. Бухкало С.І., Ольховська О.І. та ін. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов. Вісник НТУ «ХП». 2012. – X. :НТУ «ХП». № 10, с. 160–166.
13. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ. конф. MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017. // За ред. проф. Сокола Є.І. Ч.ІІІ, – X.: НТУ «ХП», с. 14.
14. Бухкало С.І. Комплексна екологічно-інформаційна безпека проектів підприємства / Інформаційні

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ

технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ. конф. MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017. // За ред. проф. Сокола Є.І. Ч.ІІІ, – Х.: НТУ «ХПІ», с. 15.